

# Document made available under the Patent Cooperation Treaty (PCT)

International application number: PCT/JP05/000531

International filing date: 18 January 2005 (18.01.2005)

Document type: Certified copy of priority document

Document details: Country/Office: JP  
Number: 2004-024569  
Filing date: 30 January 2004 (30.01.2004)

Date of receipt at the International Bureau: 17 March 2005 (17.03.2005)

Remark: Priority document submitted or transmitted to the International Bureau in compliance with Rule 17.1(a) or (b)



World Intellectual Property Organization (WIPO) - Geneva, Switzerland  
Organisation Mondiale de la Propriété Intellectuelle (OMPI) - Genève, Suisse

日 本 国 特 許 庁  
JAPAN PATENT OFFICE

20. 1. 2005

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出 願 年 月 日                      2 0 0 4 年    1 月 3 0 日  
Date of Application:

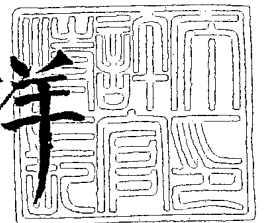
出 願 番 号                      特 願 2 0 0 4 - 0 2 4 5 6 9  
Application Number:  
[ST. 10/C] :                      [ J P 2 0 0 4 - 0 2 4 5 6 9 ]

出      願      人                      浜 松 ホ ト ニ ク ス 株 式 有 限 公 司  
Applicant(s):

2 0 0 5 年    3 月    4 日

特許庁長官  
Commissioner,  
Japan Patent Office

小 川 洋



【書類名】 特許願  
【整理番号】 2003-0844  
【提出日】 平成16年 1月30日  
【あて先】 特許庁長官殿  
【国際特許分類】 H01J 31/50  
G01J 1/02

【発明者】  
【住所又は居所】 静岡県浜松市市野町 1 1 2 6 番地の 1 浜松ホトニクス株式会社  
内  
【氏名】 木下 勝之

【特許出願人】  
【識別番号】 000236436  
【氏名又は名称】 浜松ホトニクス株式会社

【代理人】  
【識別番号】 100088155  
【弁理士】  
【氏名又は名称】 長谷川 芳樹

【選任した代理人】  
【識別番号】 100092657  
【弁理士】  
【氏名又は名称】 寺崎 史朗

【選任した代理人】  
【識別番号】 100124291  
【弁理士】  
【氏名又は名称】 石田 悟

【手数料の表示】  
【予納台帳番号】 014708  
【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】  
【物件名】 特許請求の範囲 1  
【物件名】 明細書 1  
【物件名】 図面 1  
【物件名】 要約書 1

**【書類名】 特許請求の範囲****【請求項 1】**

一端側に設けられ電子ビームを出力する電子ビーム源、及び、他端側に設けられ前記電子ビーム源から出力された電子ビームを像に変換する出力部を有する真空容器と、

前記真空容器内に設けられ、前記電子ビーム源から出力された前記電子ビームを加速する加速部と、

前記加速部により加速された電子ビームに被計測光を集光して照射する照射光学系と、

前記真空容器内において前記加速部と前記出力部との間に設けられ、前記被計測光と相互作用した電子ビームを、その相互作用により生じた電子ビームの変位方向に略直交する方向に掃引する掃引部と

を備えることを特徴とするストリーク装置。

**【請求項 2】**

前記加速部は、レーザ光を用いて又は RF キャビティ内に生成される電磁界を用いて電子ビームを加速させることを特徴とする請求項 1 に記載のストリーク装置。

**【請求項 3】**

前記真空容器において前記加速部と前記掃引部との間に配置され、前記加速部からの電子ビームを前記出力部に集光させる電子レンズ系を備えることを特徴とする請求項 1 に記載のストリーク装置。

**【請求項 4】**

前記被計測光と前記電子ビームとの相互作用領域と、前記掃引部との間に配置されており、前記被計測光との相互作用により生じた前記電子ビームの変位を拡大して前記出力部に結像する拡大電子レンズを、前記電子レンズ系は有することを特徴とする請求項 3 に記載のストリーク装置。

**【請求項 5】**

前記真空容器において前記加速部と前記出力部との間に配置され、所定のエネルギーを有する電子ビームを通過させるエネルギーフィルタを備えることを特徴とする請求項 1 に記載のストリーク装置。

**【請求項 6】**

前記電子ビーム源は、受けた光を光電子に変換する光電面であることを特徴とする請求項 1 に記載のストリーク装置。

**【請求項 7】**

前記掃引部は、前記真空容器の管軸を挟むように対向した一対の偏向電極間に印加される偏向電圧の電界、レーザ光、又は、RF キャビティ内に生成される電磁界を用いて電子ビームを掃引することを特徴とする請求項 1 に記載のストリーク装置。

**【書類名】明細書****【発明の名称】ストリーク装置****【技術分野】****【0001】**

本発明は、ストリーク装置に関するものである。

**【背景技術】****【0002】**

ストリーク装置は、被計測光の時間的な強度分布を出力面上の空間的な強度分布に変換する装置である（例えば、特許文献1及び特許文献2参照）。ストリーク装置では、まず、ストリーク管の一端に設けられた光電面に被計測光を入射する。そして、被計測光の強度に応じて光電面から放出された光電子群を、加速電極で加速させてストリーク管の他端に設けられた蛍光面に向けて走行させる。

**【0003】**

ストリーク管には、管軸を挟むように対向する一対の電極から構成された偏向電極が、光電面と蛍光面との間に設けられている。そして、光電面から放出された光電子群が偏向電極間を通過する際に、偏向電圧を印加する。これにより、光電子群は、管軸に略直交する方向に異なる角度で偏向されて蛍光面に入射し、いわゆるストリーク像を形成する。そのため、ストリーク像の掃引方向の輝度変化は、光電面に入射した被計測光の強度の時間的な変化を示している。

【特許文献1】特公平4-79465号公報

【特許文献2】特公平4-73257号公報

**【発明の開示】****【発明が解決しようとする課題】****【0004】**

近年、更なる高速現象を計測するために、被計測光を更に高時間分解することの要請が高まってきているが、上述したようなストリーク装置では、その要請に応えることが困難な状況になりつつある。

**【0005】**

そこで、本発明の目的は、高時間分解能化が可能なストリーク装置を提供することである。

**【課題を解決するための手段】****【0006】**

本発明者は、ストリーク装置の時間分解能の更なる向上に関し鋭意検討した。そして、従来のストリーク装置では、被計測光の時間的な強度変化の情報を光電面内で光電子数の時間変化に変換させていることが、時間分解能を制限している主要因であることを見出した。

**【0007】**

そこで、上記課題を解決するために、本発明に係るストリーク装置は、一端側に設けられ電子ビームを出力する電子ビーム源、及び、他端側に設けられ電子ビーム源から出力された電子ビームを像に変換する出力部を有する真空容器と、真空容器内に設けられ、電子ビーム源から出力された電子ビームを加速する加速部と、加速部により加速された電子ビームに被計測光を集光して照射する照射光学系と、真空容器内において加速部と出力部との間に設けられ、被計測光と相互作用した電子ビームを、その相互作用により生じた電子ビームの変位方向に略直交する方向に掃引する掃引部とを備えることを特徴とする。

**【0008】**

上記構成では、電子ビーム源から出力された電子ビームは、加速部により加速され、真空容器内を走行する。この電子ビームに、照射光学系により集光された被計測光が照射され、被計測光と電子ビームとが相互作用する。その際、集光された被計測光の強力な電磁界によって電子ビームに被計測光の強度に依存した変位が生じる。

**【0009】**

被計測光と相互作用した電子ビームは、掃引部によって、その変位方向と略直交する方向に掃引される。そして、その電子ビームは、真空容器の他端側に設けられた出力部に入射されて像に変換される。この出力部で変換された像において、掃引部による電子ビームの掃引方向が時間軸に対応し、その時間軸に略直交する軸が電子ビームの変位、すなわち、被計測光の電磁界の強度に対応する。すなわち、上記ストリーク装置により、被計測光の強度の時間変化を示すいわゆるストリーク像を得ることができる。

#### 【0010】

このように、上記構成のストリーク装置により、被計測光の時間的な強度変化を捉えることが可能である。また、このストリーク装置では、被計測光と電子ビームとを相互作用させて、電子ビームに被計測光の強度情報を記録している。そのため、従来のように、被計測光の時間的な強度変化の情報を、光電面を介して光電子数に変換する場合に比べて、高時間分解能化を図ることができる。

#### 【0011】

また、本発明に係るストリーク装置においては、レーザ光を用いて又はRFキャビティ内に生成される電磁界を用いて電子ビームを加速させることが好ましい。これにより、電子ビームを、光速近くまで加速させやすい。電子ビームの速度が光速に近い場合、電子ビームと被計測光とが相互作用している間、それらの位相が揃う傾向にある。そのため、被計測光によって電子ビームに変位を生じさせやすい。

#### 【0012】

更に、本発明に係るストリーク装置においては、真空容器において加速部と掃引部との間に配置され、加速部からの電子ビームを出力部に集光させる電子レンズ系を備えることが好適である。この場合、電子レンズ系により電子ビームが出力部に集光されるため、出力部での電子ビームの径が小さくなり時間分解能が向上する傾向にある。

#### 【0013】

更にまた、本発明に係るストリーク装置においては、被計測光と電子ビームとの相互作用領域と、掃引部との間に配置されており、被計測光との相互作用により生じた電子ビームの変位を拡大して出力部に結像する拡大電子レンズを、電子レンズ系は有することが好ましい。この場合、上記拡大電子レンズにより、電子ビームに生じた変位を拡大して検出できるため、その変位が小さくても検出が容易になる。

#### 【0014】

更にまた、本発明に係るストリーク装置においては、真空容器において加速部と出力部との間に配置され、所定のエネルギーを有する電子ビームを通過させるエネルギーフィルタを備えることが好ましい。この場合、エネルギーフィルタを通過した電子ビームのエネルギー分散を、エネルギーフィルタを通過する前よりも小さくすることができる。

#### 【0015】

また、本発明に係るストリーク装置においては、電子ビーム源は、受けた光を光電子に変換する光電面であることが望ましい。この場合、光電面にレーザ光などを照射することによって光電子が放出されて電子ビームが生成される。パルスレーザ光を照射することにより、容易にパルス電子ビームを生成することも可能である。

#### 【0016】

更に、本発明に係るストリーク装置においては、掃引部は、真空容器の管軸を挟むように対向した一対の偏向電極間に印加される偏向電圧の電界、レーザ光、又は、RFキャビティ内に生成された電磁界を用いて電子ビームを掃引することが好ましい。

#### 【0017】

一対の偏向電極を用いる場合は、それらの偏向電極に偏向電圧を印加することによりその電極間に生じる電界によって電子ビームを掃引することができる。また、RFキャビティを用いる場合は、RFキャビティにRFやマイクロ波を導入しそれらの電磁界により電子ビームを掃引可能である。更に、レーザ掃引器を用いる場合は、レーザ光の電磁界により電子ビームを掃引することができる。

#### 【発明の効果】

## 【0018】

本発明のストリーク装置においては、被計測光を電子ビームと相互作用させて、被計測光の強度情報をその電子ビームに記録させる。そのため、本発明によれば、高時間分解能力が可能なストリーク装置を提供することができる。

## 【発明を実施するための最良の形態】

## 【0019】

以下、図面とともに本発明に係るストリーク装置について詳細に説明する。なお、図面の説明においては同一要素には同一符号を付し、重複する説明を省略する。

## 【0020】

図1は、本発明に係るストリーク装置の原理を説明するブロック図である。図1に示すように、ストリーク装置1は、真空容器10の一端側に設けられ電子ビームEを出力する電子ビーム源20と、その電子ビームEを加速する加速部30と、加速部30により加速された電子ビームEに被計測光Rを集光して照射する照射光学系40と、被計測光Rが照射された電子ビームEを掃引する掃引部50と、真空容器10の他端側に設けられ電子ビームEを像に変換して出力する出力部60とを有している。

## 【0021】

上記構成のストリーク装置1において、電子ビーム源20から出力された電子ビームEは、加速部30によって高速に（例えば、10MeV程度）加速される。この加速された電子ビームEに、照射光学系40により集光された被計測光Rが照射される。これにより、電子ビームEと被計測光Rとが相互作用し、被計測光Rの電磁界により電子ビームEに変位が生じる。以下では、電子ビームEの軌道上において、被計測光Rと相互作用している領域を相互作用領域 $\alpha$ と称す。

## 【0022】

上記被計測光Rと相互作用した電子ビームEは、掃引部50によって、電子ビームEに生じている変位の方向と略直交する方向に掃引され出力される。掃引部50から出力された電子ビームEは、出力部60に入力されて像に変換される。

## 【0023】

図2は、上記ストリーク装置1で得られる像の模式図である。横軸は、掃引部50の掃引方向を示しており時間軸に相当する。縦軸は、被計測光Rとの相互作用により生じた電子ビームEの変位の大きさを示している。電子ビームEの変位の大きさは、被計測光Rの強度に依存する。したがって、縦軸は、被計測光Rの強度に相当する。すなわち、ストリーク装置1により、被計測光Rの時間的な強度分布を示すいわゆるストリーク像Sが得られる。

## 【0024】

図3及び図4は、被計測光Rと電子ビームEとを相互作用させる方法の例である。被計測光Rと電子ビームEとは、図3に示すように、電子ビームEの伝播方向に対して被計測光Rを略平行に入射させて被計測光Rと電子ビームEとを相互作用させてもよいし、図4に示すように、電子ビームEの伝播方向に対して被計測光Rを略垂直に入射させて相互作用させてもよい。図3の場合の方が、電子ビームEと被計測光Rとが重なっている長さDを長くすることができる。そのため、電子ビームEにより大きな変位を生じさせやすい。

## 【0025】

次に、上述した原理を適用したストリーク装置の具体的な実施形態を説明する。

## 【0026】

## (第1の実施形態)

図5は、上記ストリーク装置1の第1の実施形態であるストリーク装置1aの構成を示す概略図である。以下の説明においては、特に断らない限り、電子ビーム源20は、受けた光を光電子に変換して出力する光電面20Aとする。また、説明の便宜上、管軸方向をX方向とし、紙面に垂直な方向をZ方向とし、X方向及びZ方向に直交する方向をY方向とする。

## 【0027】

ストリーク装置 1 a は、電子ビーム E を走行させるための真空容器 1 0 と、加速部 3 0 と、照射光学系 4 0 と、掃引部 5 0 と、を含んで構成されている。

#### 【0028】

真空容器 1 0 は、円筒状であって、その一端には、光透過窓 1 1 が設けられている。そして、光透過窓 1 1 における真空容器 1 0 の内部側の面に光電面 2 0 A が形成されている。光電面 2 0 A は、真空容器 1 0 の中心軸（管軸）と光透過窓 1 1 との交点の位置に形成されている。光電面 2 0 A は、例えば、光透過窓 1 1 に蒸着された厚さ数 1 0 nm の金薄膜である。

#### 【0029】

光電面 2 0 A は、光透過窓 1 1 を通して入射されたレーザ光を受け、レーザ光が入射された面と反対側の面から光電子（電子ビーム E）を真空容器 1 0 内に放出する。

#### 【0030】

また、X 方向において光透過窓 1 1 と反対の真空容器 1 0 の端側には、出力部 6 0 が設けられている。出力部 6 0 は、マイクロチャンネルプレート（MCP）6 1 と、蛍光面 6 2 と、真空容器 1 0 の他端に設けられた出力窓 1 2 と、を含んで構成されている。MCP 6 1 は、MCP 入力面 6 1 a から入力された電子ビーム E を増倍して蛍光面 6 2 に出力する。蛍光面 6 2 は、MCP 6 1 からの電子ビーム E を可視光像に変換する。蛍光面 6 2 で変換された可視光像は、出力窓 1 2 を通して、その窓の外に配置された光学リレーレンズ及び TV カメラを用いて観察される。

#### 【0031】

加速部 3 0 は、RF キャビティ 3 1 を含んで構成されており、光透過窓 1 1 の隣に配置されている。RF キャビティ 3 1 の光透過窓 1 1 側の一侧壁 3 1 a は光電面 2 0 A を含んでいる。また、RF キャビティ 3 1 の側壁 3 1 b には、RF キャビティ 3 1 の内部にマイクロ波 M を導入する導入管 3 2 が接続されている。光電面 2 0 A から放出された光電子は、RF キャビティ 3 1 内に導入されたマイクロ波 M の電磁界によって 1 0 MeV 程度（すなわち、光速近く）まで加速されて出力される。なお、本実施形態では、電子ビーム E は、管軸に沿って伝播している、より具体的には、管軸に略直交する平面における電子ビーム断面の中心は、その平面と管軸との交点に略一致している。

#### 【0032】

掃引部 5 0 は、真空容器 1 0 内において、加速部 3 0 と出力部 6 0 との間に配置されている。掃引部 5 0 は、管軸を挟み対向して配置された一对の偏向電極 5 1, 5 2 を含んで構成されている。ストリーク装置 1 a では、偏向電極 5 1, 5 2 は、Z 方向に並列されている。図中、偏向電極 5 1, 5 2 を少しずらして記載しているのは、奥側に偏向電極 5 2 が位置していることを示すためである。

#### 【0033】

加速部 3 0 と掃引部 5 0 との間の管軸上には、第 1 電子レンズ（電子レンズ系）7 0 A が形成されている。第 1 電子レンズ 7 0 A は、真空容器 1 0 の周りに設けられた第 1 集束コイル 7 1 A により形成される。第 1 集束コイル 7 1 A は、管軸を中心軸とするように設けられており、コイル電源 7 2 に接続されている。第 1 集束コイル 7 1 A は、RF キャビティ 3 1 から、例えば、数 1 0 0 mm 程度出力部 6 0 側に配置されている。

#### 【0034】

また、第 1 電子レンズ 7 0 A（又は、第 1 集束コイル 7 1 A）と掃引部 5 0 との間の真空容器 1 0 の周壁には、被計測光 R を真空容器 1 0 内に導入する入射窓 1 3 及び真空容器 1 0 内から被計測光 R を外に出すための出射窓 1 4 が設けられている。入射窓 1 3 は、例えば、第 1 集束コイル 7 1 A から 5 0 mm 程度出力部 6 0 側に設けられている。

#### 【0035】

照射光学系 4 0 は、一对の反射ミラー 4 1, 4 2 と、レンズ 4 3 とを含んで構成される。反射ミラー 4 1, 4 2 は、入射窓 1 3 から真空容器 1 0 内に導入された被計測光 R を電子ビーム E と相互作用させる。反射ミラー 4 1, 4 2 は、平面型のミラーであって、加速部 3 0 と掃引部 5 0 との間の管軸上において X 方向に並列されている。反射ミラー 4 1,



42の間隔は、例えば、数mm程度である。反射ミラー41、42には、電子ビームEを通過させるための開口41a、42aが形成されている。

#### 【0036】

反射ミラー41は、管軸に対して傾斜し、入射窓13から入射した被計測光Rを反射ミラー42側に反射するように配置されている。また、反射ミラー42は、管軸に対して傾斜し、反射ミラー41からの被計測光Rを出射窓14に向けて反射するように配置されている。

#### 【0037】

レンズ43は、屈折型の結像レンズである。レンズ43は、被計測光Rを、反射ミラー41、42間の電子ビームEの軌道上（すなわち、管軸上）に、被計測光Rの径が、例えば数10 $\mu$ m程度になるように集光する。レンズ43は、真空容器10の外に配置されており、被計測光Rは、レンズ43を通った後に入射窓13から真空容器10内に入射される。

#### 【0038】

ストリーク装置1aは、光電面20Aに入射させるレーザ光を発生する光源部80、光源部80からのレーザ光を光電面20Aに入射する入力光学系90、被計測光Rを発生する被計測光発生部100、及び、掃引部50を制御する掃引制御部110を更に有する。

#### 【0039】

光源部80は、レーザ発生装置81と、高調波発生装置82と、を含んで構成される。レーザ発生装置81は、例えば、波長800nm、パルス幅約100fsのレーザ光を発生するTiサファイヤレーザである。なお、レーザ発生装置81は、レーザ光を出力したタイミングに応じて出力信号を被計測光発生部100に出力する。

#### 【0040】

高調波発生装置82は、レーザ発生装置81から出力されたレーザ光を、光電面20Aに光電子放出を生じせしめる波長の光に変換する。例えば、光電面20Aが金薄膜である場合、波長が約270nmのレーザ光に変換する。

#### 【0041】

入力光学系90は、反射ミラー91と、アパーチャ92と、レンズ93と、を有する。高調波発生装置82からのレーザ光は、反射ミラー91で反射され、アパーチャ92及びレンズ93を通過して光透過窓11に蒸着された光電面20Aに入射される。

#### 【0042】

アパーチャ92及びレンズ93は、光電面20A上でのレーザ光の径の広がり抑制するためのものである。アパーチャ92とレンズ93とにより、レーザ光は、例えば、光電面20A上における径が10 $\mu$ m程度になるように集光される。これにより、光電面20Aから発せられる電子ビームEと被計測光Rとの相互作用領域 $\alpha$ での電子ビームEの径及びMCP61上での電子ビームEの径が数10 $\mu$ m以内になる。

#### 【0043】

被計測光発生部100は、遅延回路101と被計測光発生装置102とを含んでいる。遅延回路101は、レーザ発生装置81及び被計測光発生装置102と電氣的に接続されている。遅延回路101は、レーザ発生装置81からの出力信号を、被計測光Rと電子ビームEとのタイミングがあうように、すなわち、被計測光Rと電子ビームEとが相互作用するように時間的に調整して被計測光発生装置102に入力する。

#### 【0044】

被計測光発生装置102は、例えば、レーザ光源であって、遅延回路102から入力される信号をトリガとして被計測光Rを出力する。被計測光装置102から出力された被計測光Rは、ハーフミラー120で2つの光に分けられ、一方が真空容器10内にレンズ43及び入射窓13を通過して入射される。

#### 【0045】

ハーフミラー120で分けられた他方の被計測光Rは、掃引制御部110に入力される。掃引制御部110は、レンズ111と、検出器112と、遅延回路113と、掃引回路

114と、を含んで構成される。

【0046】

レンズ111は、ハーフミラー120を通った被計測光Rを、検出器112に集光して入射させる。検出器112は、例えば、PINダイオードであり、被計測光を検出してその検出信号を遅延回路113に入力する。遅延回路113は、検出器112から入力された検出信号を、電子ビームEが掃引部50に入力された際に掃引部50に偏向電圧が印加されるように時間的に調整して掃引回路114に入力する。

【0047】

掃引回路114は偏向電極51, 52に電氣的に接続されており、遅延回路113からの信号をトリガとして、偏向電極51, 52に偏向電圧を印加する。

【0048】

上記構成における照射光学系40についてより詳細に説明する。図6は、照射光学系40の模式図である。

【0049】

上述したように照射光学系40は、反射ミラー41, 42及びレンズ43を含んで構成されている。反射ミラー41は、レンズ43を通った被計測光Rを反射ミラー42側に反射させる。この際、反射ミラー41は、開口41aよりもレンズ43側（図中、上側）で被計測光Rを反射し、その反射光が、反射ミラー42における開口42aよりも図中下側の領域に向かって伝播するように配置されている。

【0050】

このような配置により、被計測光Rは、電子ビームEの進行方向と略平行に伝播しつつ電子ビームEと交差する。そのため、被計測光Rと電子ビームEとが重なっている領域である相互作用領域 $\alpha$ の幅Dがより長くなっている。

【0051】

また、レンズ43は、上述したように、被計測光Rと電子ビームEとが交差する領域（相互作用領域 $\alpha$ ）で、被計測光Rの径が最小になるように（すなわち、被計測光Rが集束するように）配置されている。これにより、被計測光Rの相互作用領域 $\alpha$ での電磁界がより大きくなる。

【0052】

上記構成のストリーク装置1aの動作について図5を参照して説明する。以下の説明では、レーザ発生装置81は、上記Tiサファイヤレーザとする。また、高調波発生装置82は、レーザ発生装置81からのレーザ光を波長270nmの光に変換するものとする。

【0053】

先ず、レーザ発生装置81により波長800nm、パルス幅約100fsのレーザ光を発生させる。この際、レーザ発生装置81からのレーザ光の出力に応じて出力信号が遅延回路101に入力される。

【0054】

レーザ発生装置81からのレーザ光は、高調波発生装置82に入射され、波長270nmのレーザ光に変換されて高調波発生装置82から出力される。高調波発生装置82から出力されたレーザ光は、反射ミラー91によって真空容器10に導かれる。反射ミラー91からのレーザ光は、アパーチャ92及びレンズ93を通して、その径が光電面20A上で約10 $\mu$ mとなるように集光されて光電面20Aに到達する。

【0055】

このようにレーザ光が光電面20Aに入射されると、RFキャビティ31の内部に光電面20Aから光電子（電子ビームE）が放出される。この際、光電面20Aには、パルス幅100fsの光が入射されているため、これに対応して、光電面20Aは、パルス幅100fsの高密度パルス電子ビームEを発する。

【0056】

この電子ビームEは、RFキャビティ31に導入されたマイクロ波Mの電磁界によって10MeV程度まで加速され、出力部60に向けて出力される。RFキャビティ31から

出てきた電子ビーム E は、第 1 電子レンズ 70 A によって、MCP 入力面 61 a 上に集光される。第 1 電子レンズ 70 A を通過した電子ビーム E は MCP 61 に到達するまでに、一对の反射ミラー 41, 42 間で被計測光 R と相互作用した後、掃引部 50 によって紙面に略垂直な方向に掃引される。

#### 【0057】

ここで、(1) 被計測光 R と電子ビーム E とを相互作用させる方法、及び、(2) 相互作用した電子ビーム E の掃引方法について説明する。

#### 【0058】

先ず、(1) 被計測光 R を電子ビーム E に相互作用させる方法について述べる。

#### 【0059】

レーザ発生装置 81 からのレーザ光の出力に応じて、レーザ発生装置 81 から出力信号が遅延回路 101 に入力される。その出力信号は、遅延回路 101 で一定時間調整された後に、被計測光発生装置 102 に入力される。被計測光発生装置 102 は、遅延回路 101 からの信号をトリガとして、被計測光 R を出力する。被計測光発生装置 102 から出力された被計測光 R は、ハーフミラー 120 により真空容器 10 に入射する成分と、掃引制御部 110 に入射される成分とに分けられる。

#### 【0060】

ハーフミラー 120 で反射し真空容器 10 側に曲げられた被計測光 R は、レンズ 43 及び入射窓 13 を通って真空容器 10 内に導入される。そして、被計測光 R は、図 5 及び図 6 に示すように、反射ミラー 41 における開口 41 a よりも上側の領域で反射し、反射ミラー 42 における開口 42 a よりも下側の領域に向けて伝播する。

#### 【0061】

被計測光 R は、被計測光 R と電子ビーム E とが相互作用できるように時間的に調整されて発せられている。したがって、上記のように反射ミラー 41 で反射された被計測光 R と電子ビーム E とは、反射ミラー 41, 42 間で重なり相互作用する。電子ビーム E と相互作用してから、反射ミラー 42 に達した被計測光 R は、反射ミラー 42 で更に反射されて出射窓 14 から真空容器 10 の外に取り出される。

#### 【0062】

上記のように、電子ビーム E と被計測光 R とは反射ミラー 41, 42 間において相互作用する。すなわち、反射ミラー 41, 42 間に、電子ビーム E と被計測光 R との相互作用領域  $\alpha$  が位置する。この相互作用領域  $\alpha$  において、被計測光 R は、レンズ 43 により、例えば、数  $10\ \mu\text{m}$  程度の径に集光されている。そのため、被計測光 R の電磁界は、相互作用領域  $\alpha$  で増強されており、その強力な電磁界により電子ビーム E に変位が生じる。

#### 【0063】

この変位方向は、被計測光 R の電磁界の振動方向に依存するが、本実施形態では、電子ビーム E は、被計測光 R との相互作用により、Y 方向に変位するものとする。

#### 【0064】

次に、(2) 上記被計測光 R と相互作用した電子ビーム E の掃引方法について説明する。

。

#### 【0065】

被計測光発生装置 102 から出力されハーフミラー 120 により分けられた被計測光 R のうち、ハーフミラー 120 を透過した被計測光 R は検出器 112 で検出される。この検出器 112 からの検出信号は、遅延回路 113 に入力される。そして、遅延回路 113 によって、掃引部 50 によって電子ビーム E を掃引可能なように時間的に調整された信号が、掃引回路 114 に入力される。掃引回路 114 は、遅延回路 113 からの信号をトリガとして、偏向電極 51, 52 に偏向電圧を印加する。この偏向電圧によって形成される電界によって電子ビーム E が掃引される。

#### 【0066】

上記のように、光電面 20 A から出力された高密度パルス電子ビーム E が掃引部 50 を通過するタイミングに合わせて偏向電極 51, 52 に偏向電圧が印加される。そのため、

被計測光 R と相互作用した電子ビーム E が偏向電圧の電界によって掃引される。偏向電極 51, 52 は、Z 方向に並列されているため、掃引部 50 によって電子ビーム E は、変位方向と略直交する方向 (Z 方向又は -Z 方向) に掃引される。

#### 【0067】

上記掃引部 50 により掃引された電子ビーム E は、MCP 入力面 61a に入力される。この際、電子ビーム E は、第 1 電子レンズ 70A により集光されており、MCP 入力面 61a 上における電子ビーム E の径は数  $10\mu\text{m}$  程度となっている。MCP 61 に入力された電子ビーム E は、MCP 61 によって増倍されて蛍光面 62 に出力される。そして、蛍光面 62 により可視光像に変換される。そして、出力窓 12 の外に設けられたリレーレンズを介して TV カメラで撮像され、図 2 に示すストリーク像 S が得られる。

#### 【0068】

本実施形態に係るストリーク装置 1a では、被計測光 R と電子ビーム E とを直接相互作用させ、被計測光 R の電磁界によって電子ビーム E に生じた変位の時間変化、すなわち、被計測光 R の強度の時間変化を計測している。従来のように光電面を介して被計測光の強度情報を光電子の電子密度に変換していないため、例えばアト秒領域の時間分解まで視野に入れた高時間分解能化を図ることができる。

#### 【0069】

ところで、光の電磁界の周波数は大きいため、通常、電子ビームと光とが相互作用しても電子ビームに生じた変位は、逆位相により打ち消しあう場合が生じる。

#### 【0070】

しかしながら、本実施形態のストリーク装置 1a では、電子ビーム E を加速部 30 で光速近くまで加速しているため、被計測光 R と電子ビーム E との位相が揃いやすい。例えば、被計測光 R の波長を  $800\text{nm}$  としたとき、光及び電子ビーム相互の位相が半波長分変化するまでは、約  $300\mu\text{m}$  の走行距離を確保できる。そのため、電子ビーム E に生じる変位を検出可能である。そして、このような、走行距離は、上記照射光学系 40 により確保できるようになっている。

#### 【0071】

更に、被計測光 R を集光して電子ビーム E に照射しているため、被計測光 R と電子ビーム E との相互作用領域  $\alpha$  における被計測光 R の電磁界はより大きくなっている。そのため、集光させていない場合よりも電子ビーム E に大きな変位を生じさせることが可能であって、変位を計測し易くなっている。

#### 【0072】

また、被計測光 R は、電子ビーム E の進行方向に対して斜めに入射しているため、被計測光 R の電子ビーム E の進行方向の成分が光速より小さくなりやすい。そのため、電子ビーム E の速度が光速より小さくても被計測光 R の電磁界と同一位相の状態を保ちやすくなっている。

#### 【0073】

##### (第 2 の実施形態)

図 7 は、第 2 の実施形態のストリーク装置の構成の概略図である。図 7 に示すストリーク装置 1b は、レンズ 43 が真空容器 10 内に配置されている点、絞りアパーチャ 130 を有する点、第 2 電子レンズ 70B 及び第 3 電子レンズ 70C が形成されている点で第 1 の実施形態のストリーク装置 1a と相違する。ストリーク装置 1b では、第 1 電子レンズ 70A、第 2 電子レンズ 70B、及び、第 3 電子レンズ 70C が、光電面 20A から出力された電子ビーム E を MCP 61 上に集光させる電子レンズ系 70 を構成している。

#### 【0074】

レンズ 43 は真空容器 10 内に配置されており、レンズ 43 の焦点距離は、第 1 の実施形態の場合よりも短い。これにより、相互作用領域  $\alpha$  での被計測光 R の径は、第 1 の実施形態の場合よりも 1 桁程度短い (例えば、数  $\mu\text{m}$  程度)。そのため、第 1 の実施形態と同じ強度の被計測光 R を用いた場合、相互作用領域  $\alpha$  での被計測光 R の電磁界がより大きくなっている。

## 【0075】

絞りアパーチャ130は、RFキャビティ31の出口側の管軸上に配置されている。絞りアパーチャ130は、電子ビームEを通過させるための開口130aを有しており、RFキャビティ31から出力された電子ビームEのうち開口130aから外側の領域の電子ビームEをカットする。開口130aの径は、例えば、数10 $\mu$ m程度である。これにより、電子ビームEのMCP入力面61aへの集光特性がよくなる。

## 【0076】

第2電子レンズ70Bは、絞りアパーチャ130と第1電子レンズ70Aとの間に形成されている。第2電子レンズ70Bは、加速部30と第1集束コイル71Aとの間の真空容器10の周りに設けられた第2集束コイル71Bにより形成される。第2集束コイル71Bは、管軸が中心軸となるように配置されており、コイル電源72に接続されている。

## 【0077】

第2電子レンズ70Bは、電子ビームEの広がり抑制するコリメータ電子レンズとして機能する。また、第2電子レンズ70Bは、第1電子レンズ70Aとともに電子ビームEを反射ミラー41、42間に集光する。これにより、相互作用領域 $\alpha$ における電子ビームEの径は、ストリーク装置1aの場合より小さく、例えば、数 $\mu$ m程度になっている。また、電子ビームEの集光点M<sub>1</sub>と、レンズ43によって集光される被計測光Rの集光点とは、ほぼ一致するようになっている。

## 【0078】

第3電子レンズ70Cは、電子ビームEにより生じた変位を拡大してMCP入力面61a上に結像する。すなわち、第3電子レンズ70Cは、拡大電子レンズとして機能する。第3電子レンズ70Cは、相互作用領域 $\alpha$ と掃引部50との間、より具体的には、反射ミラー42と掃引部50との間に形成されている。第3電子レンズ70Cは、入射窓13と掃引部50との間の真空容器10の周りに設けられた第3集束コイル71Cにより形成される。第3集束コイル71Cは、管軸が中心軸となるように配置されており、コイル電源72に接続されている。

## 【0079】

図8は、電子ビームEの変位を拡大する方法を説明する図である。第3電子レンズ70Cは、集光点M<sub>1</sub>よりもMCP61側のA-A線の位置（例えば、集光点M<sub>1</sub>よりも15mm程度MCP61側の位置）における電子ビーム断面を拡大してMCP入力面61aに結像させるように配置及び形成されている。これは、仮に、集光点M<sub>1</sub>をMCP入力面61aに結像させると、集光点M<sub>1</sub>自体はMCP入力面61aに拡大結像されるが、電子ビームEに生じた変位は結像されないからである。

## 【0080】

上記のように、A-A線に沿った電子ビーム断面を拡大することにより、A-A線の位置での変位d<sub>1</sub>がMCP入力面61a上で変位d<sub>2</sub>に拡大される。この第3電子レンズ70Cによる拡大率は、第3集束コイル71Cの磁極の形状、コイル電流、第3電子レンズ70Cの形成位置などにより決まり、数10倍から数100倍が可能である。

## 【0081】

ところで、通常、A-A面の位置では、電子ビームE自体の径もより大きくなっている。そして、電子ビームEが第3電子レンズ70Cを通ると、その径もMCP入力面61a上に拡大結像されるため、蛍光面62での変位量の検出精度が悪化する。しかしながら、本実施形態のストリーク装置1bでは、絞りアパーチャ130や第2電子レンズ70Bにより、焦点深度を深くすることが可能であり、上記検出精度の低下が抑制することができる。

## 【0082】

本実施形態のストリーク装置1bの動作は、第1の実施形態のストリーク装置1aの場合と同じである。

## 【0083】

本実施形態では、レンズ43が真空容器10内に配置され、その焦点距離が短くなって

いるため、上述したように相互作用領域 $\alpha$ での被計測光Rの径が小さくなっている。これにより、相互作用領域 $\alpha$ における被計測光Rの電磁界がより大きくなっている。そのため、電子ビームEに変位を生じさせやすい。また、被計測光Rの径が小さいことに対応して、相互作用領域 $\alpha$ での電子ビームEの径も小さい。そのため、被計測光Rの径を短くしていても電子ビームEに変位が生じやすくなっている。更に、相互作用領域 $\alpha$ で生じた変位は、第3電子レンズ70Cにより拡大されてMCP61に入力される。

#### 【0084】

以上のことから、ストリーク装置1bにおいては、被計測光Rの強度が小さい場合でも、その強度の時間変化を計測できるようになっている。

#### 【0085】

以上、本発明の好適な実施形態について説明したが、本発明は第1及び第2の実施形態に限定されないことは言うまでもない。例えば、照射光学系40は、屈折側の結像レンズ43と、一对の反射ミラー41、42とから構成しているが、図9に示すように、平面状の反射ミラー44と反射型の凹面ミラー45とから構成してもよい。この反射ミラー44と凹面ミラー45とは、電子ビームEを通過させる開口44a、45aを有している。

#### 【0086】

この場合には、入射窓13（図5又は図7参照）から入射された被計測光Rは、反射ミラー44によって凹面ミラー45側に反射される。そして、凹面ミラー45によって再び反射ミラー44側に反射される。この際、被計測光Rは、管軸上に集光され、電子ビームEと相互作用する。この場合、光学系の構成が簡単になるとともに、レンズ43を用いていないためレンズ43を通過した際の光分散による被計測光Rの時間広がりが生じないため、被計測光Rの時間的な強度分布をより正確に取得できる。

#### 【0087】

また、電子ビーム源20としては、光電面20Aに限らず、Siやカーボンからなるマイクロエミッターを用いてもよい。更に、加速部30は、レーザの電磁界で電子ビームEを加速してもよい。

#### 【0088】

更に、加速部30と出力部60との間に所定のエネルギー（例えば、10MeV）を有する電子ビームを通過させるエネルギーフィルタを設けることも好ましい。この場合、電子ビーム源20から出力され加速部30で加速された電子ビームEをエネルギーフィルタを通過させることによって、狭いエネルギー範囲の電子ビームEだけ利用できる。これにより、例えば、第2の実施形態において、反射ミラー41、42間において、電子ビームEを結像した際のビーム径を小さくすることや、その結像部における焦点深度を深くすることが可能である。また、電子ビームEの時間的な広がりを抑制できる。

#### 【0089】

電子レンズ系70を集束コイルによる回転対称な磁界型電子レンズ方式を用いて形成しているが、4極電子レンズのような非対称な電磁型又は静電型電子レンズ方式を用いて形成してもよい。

#### 【0090】

また、掃引部50による電子ビームEの掃引は、偏向電極51、52に印加した偏向電圧の電界によらなくてもよい。例えば、図10に示すように、RFキャビティ53を設けて、そこにRF又はマイクロ波Mを導入し、それらの電磁界により掃引してもよい。更に、レーザ光の電磁界により掃引することも可能である。

#### 【0091】

また、図11に示すように、掃引部50と出力部60との間の真空容器10周りに偏向コイル140を設けてもよい。この場合、被計測光Rと電子ビームEとの相互作用により、相互作用領域 $\alpha$ で $\gamma$ 線やX線が発生しても、その偏向コイル140の偏向磁界で電子ビームEをシフトして電子ビームと $\gamma$ 線、X線とを分離することができる。そのため、 $\gamma$ 線やX線がMCP61に入射して生じるバックグラウンドノイズを低減することが可能である。

## 【0092】

更に、出力部60は、MCP61と蛍光面62と出力窓12とを有しているとしたが、電子打ち込みCCDを用いてもよく、電子ビームEを像に変換できればよい。

## 【0093】

また、被計測光Rは、レーザ光に限らない。更に、電磁界の振動方向がランダムな被計測光を計測する際には、掃引部50よりも光電面20A側（すなわち、反射ミラー42と掃引部50との間）にスリット電極を、そのスリットの長手方向を掃引方向と垂直な方向に略一致させて配置することが好ましい。これにより、被計測光と相互作用した電子ビームEにおいて、スリット電極の長手方向の変位のみを計測できるからである。

## 【産業上の利用可能性】

## 【0094】

本発明に係るストリーク装置は、例えばアト秒領域の高速光現象を解明するための計測装置として利用することができる。

## 【図面の簡単な説明】

## 【0095】

【図1】本発明に係るストリーク装置の原理を説明するブロック図である。

【図2】ストリーク装置1で得られる像の模式図である

【図3】被計測光Rと電子ビームEとを相互作用させる方法の例を示す図である。

【図4】被計測光Rと電子ビームEとを相互作用させる方法の他の例を示す図である。

。【図5】第1の実施形態のストリーク装置1aの構成を示す概略図である。

【図6】照射光学系40の模式図である。

【図7】第2の実施形態のストリーク装置の構成を示す概略図である

【図8】電子ビームEの変位を拡大する方法を説明する図である。

【図9】照射光学系40の変形形態を示す模式図である。

【図10】掃引部50の変形形態を示す模式図である。

【図11】ストリーク装置1bの変形形態を示す模式図である。

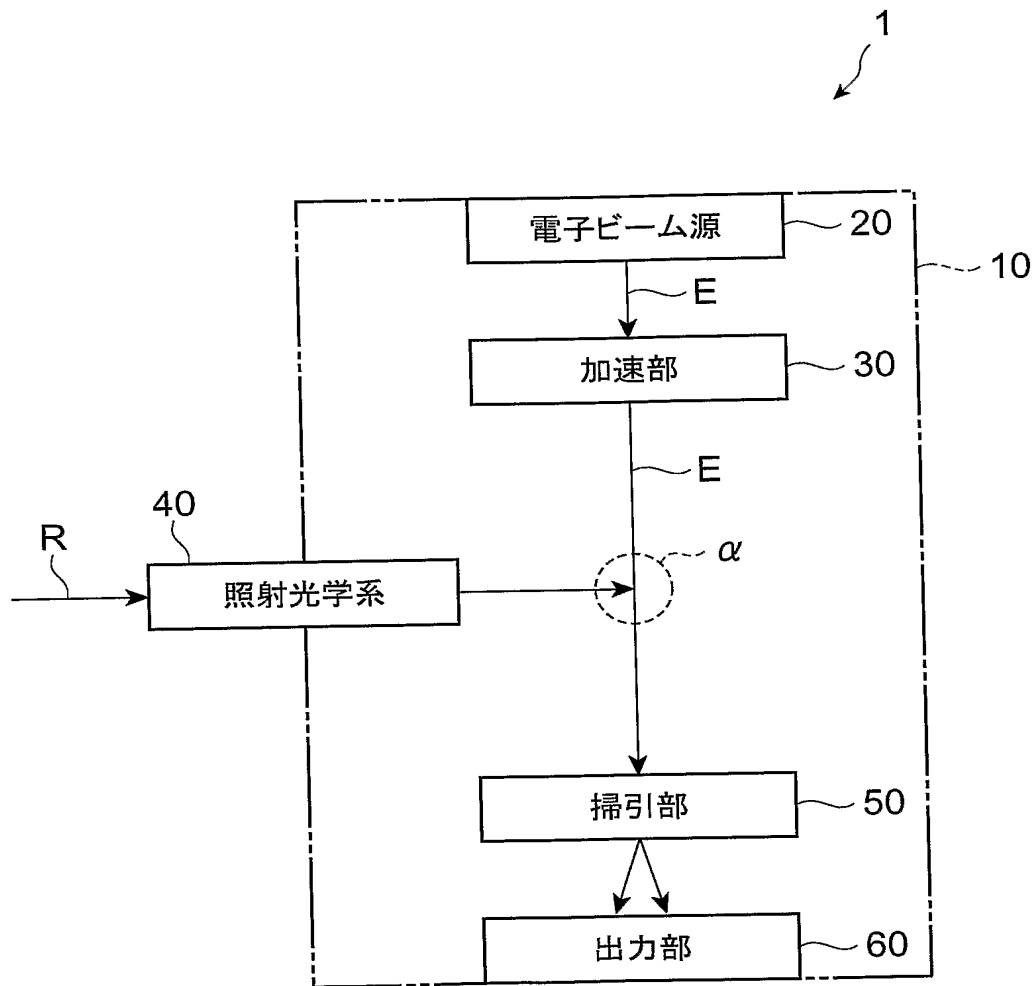
## 【符号の説明】

## 【0096】

1, 1a, 1b…ストリーク装置、10…真空容器、20…電子ビーム源、20A…光電面、30…加速部、31…RFキャビティ、40…照射光学系、50…掃引部、53…RFキャビティ、60…出力部、70A…第1電子レンズ（電子レンズ系）、70B…第2電子レンズ（電子レンズ系）、70C…第3電子レンズ（電子レンズ系）

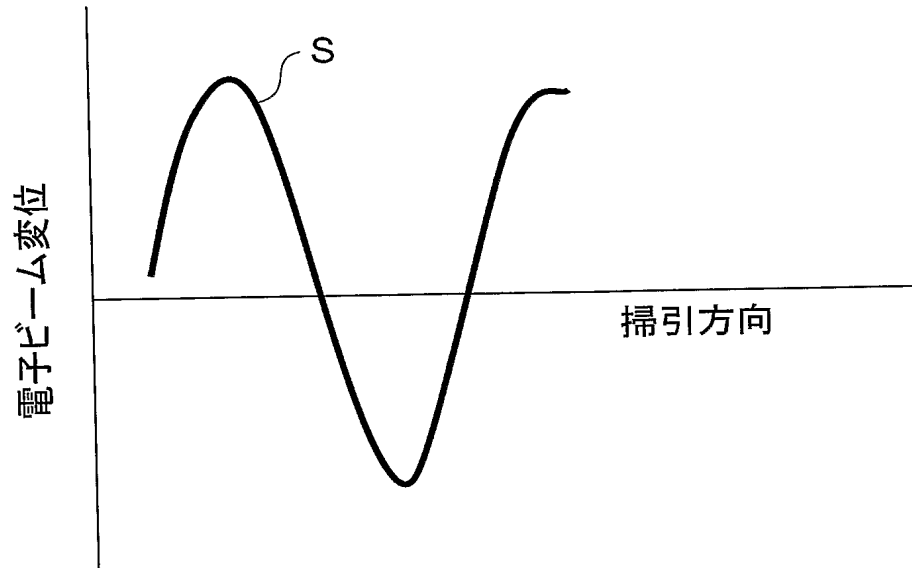
【書類名】 図面

【図 1】

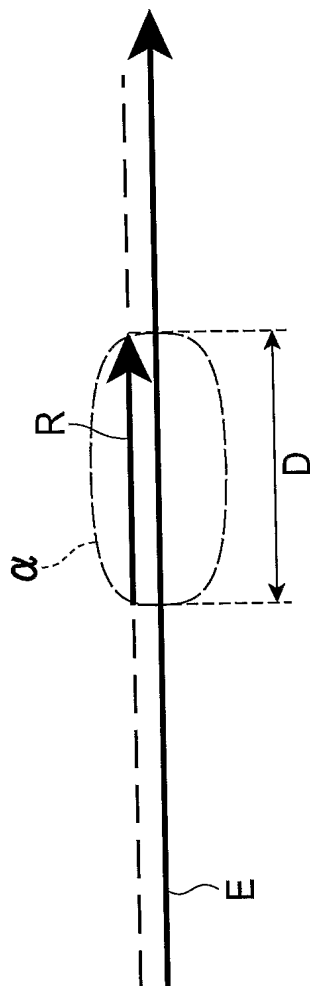




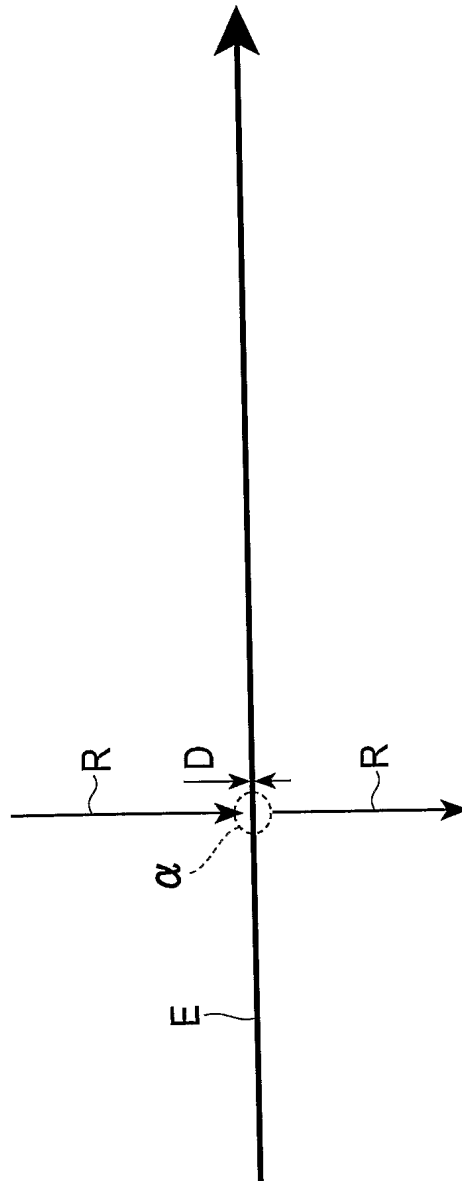
【図 2】



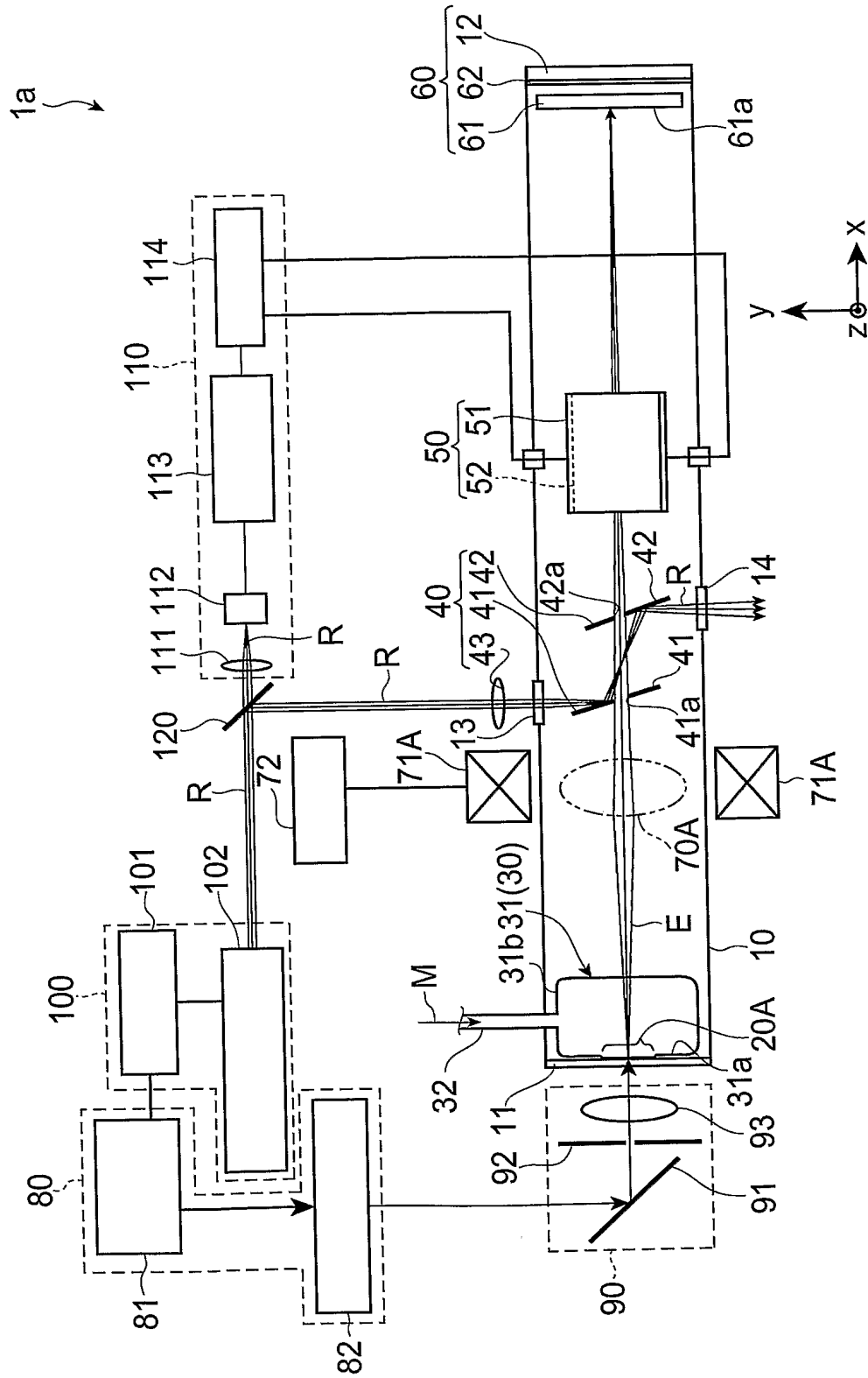
【図 3】



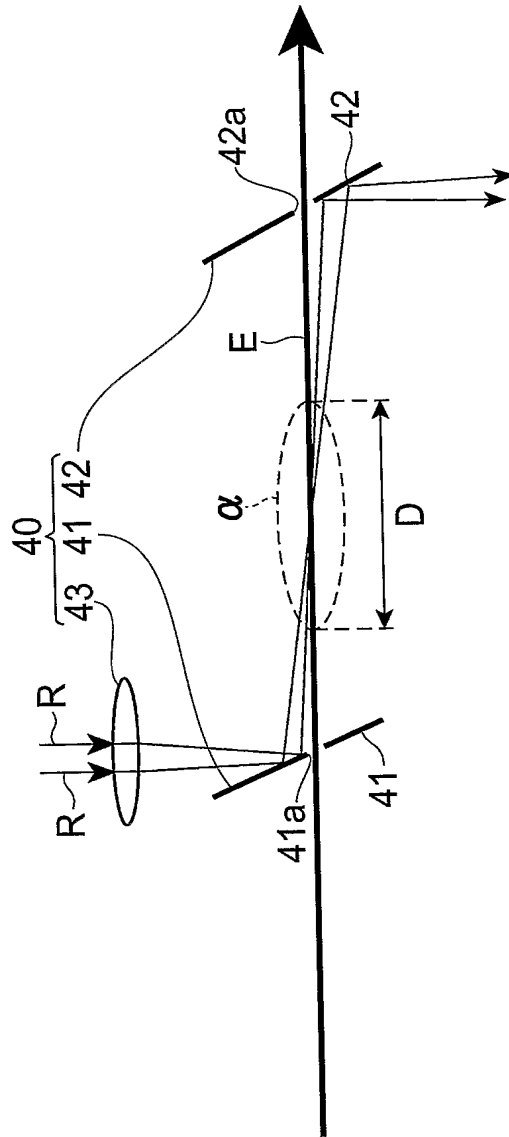
【図 4】



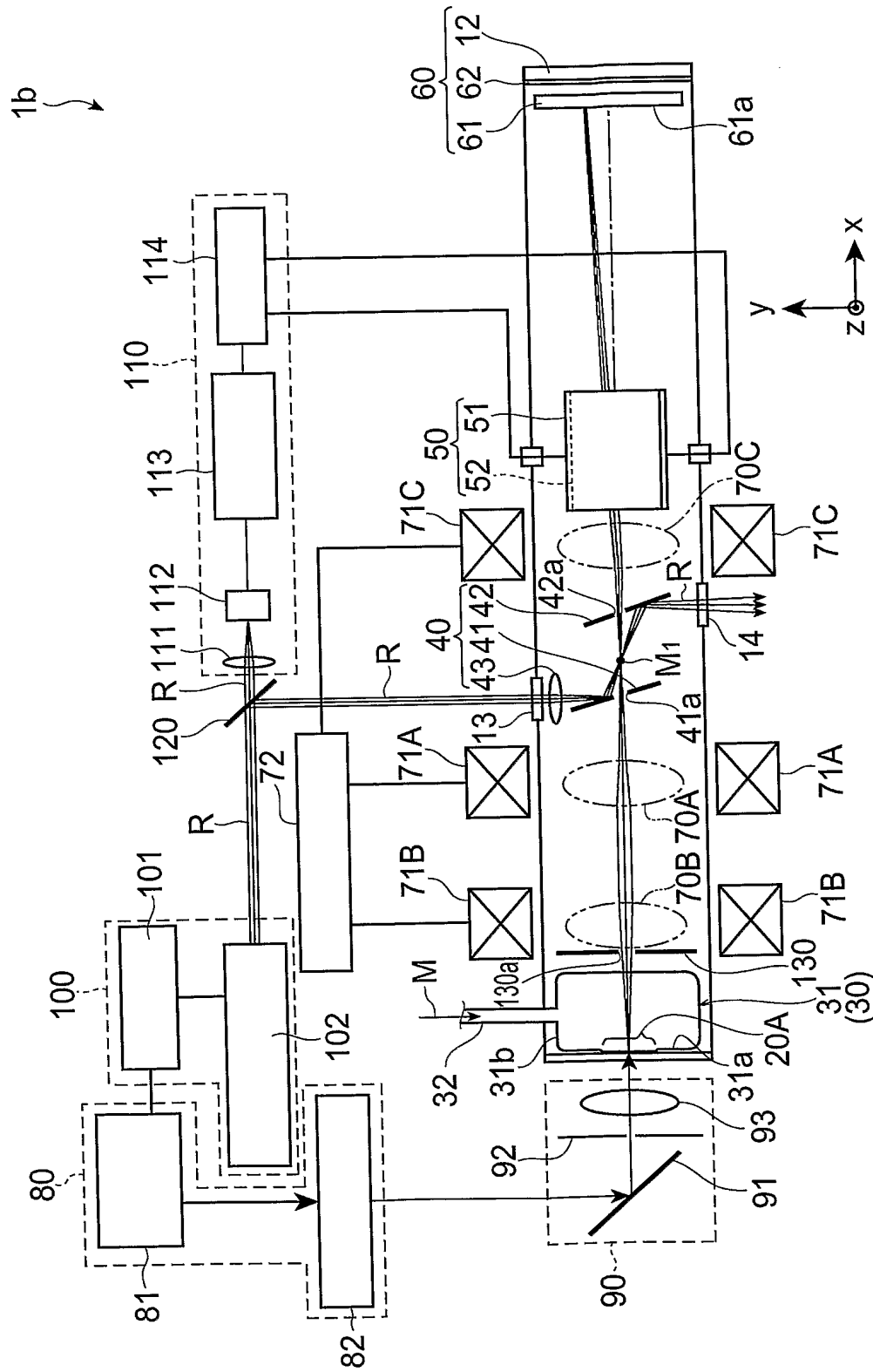
【図 5】



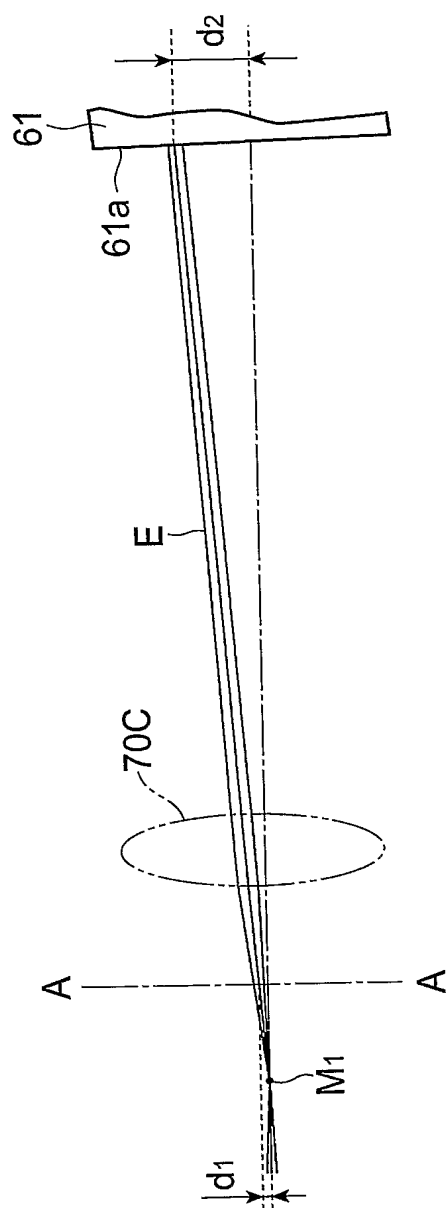
【図 6】



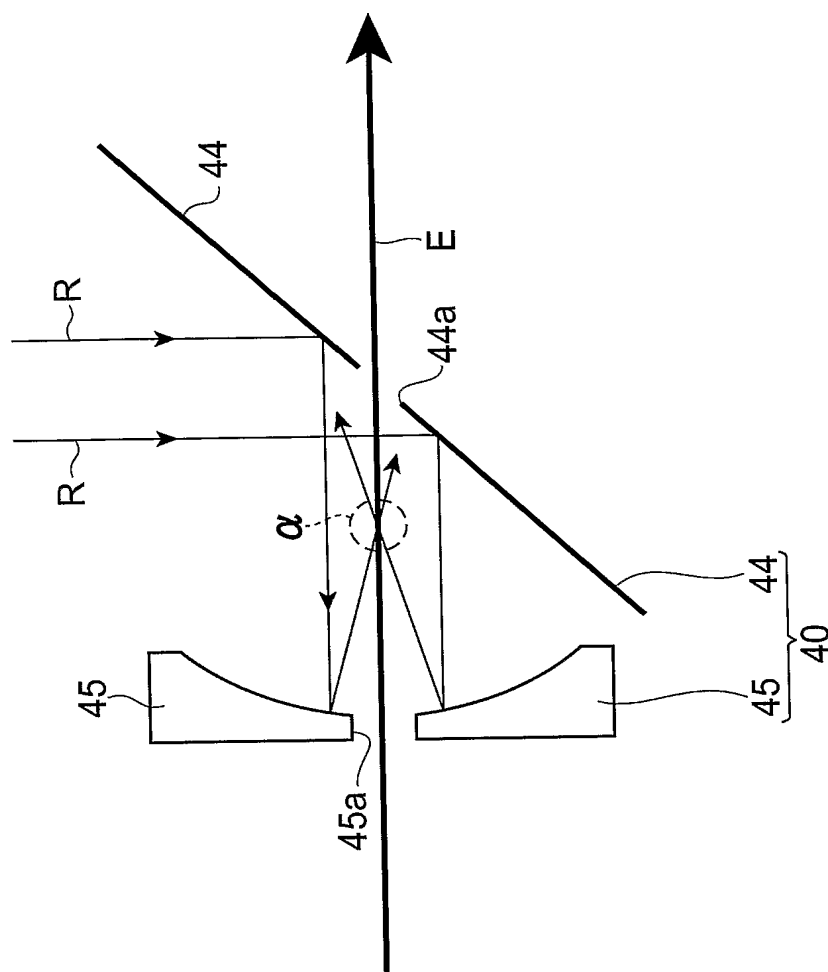
【図 7】



【図 8】

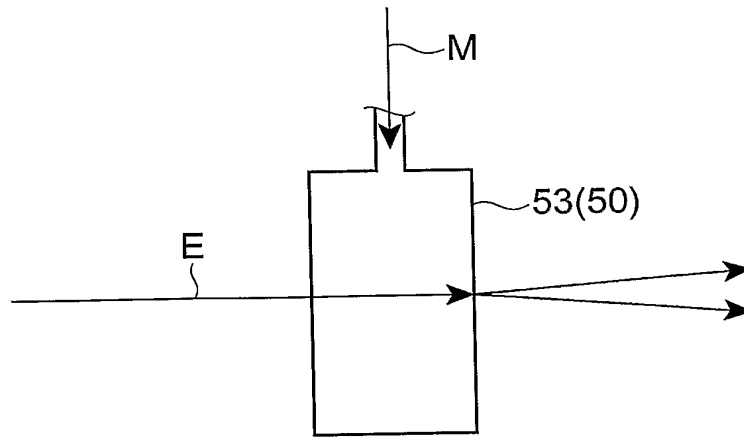


【図 9】

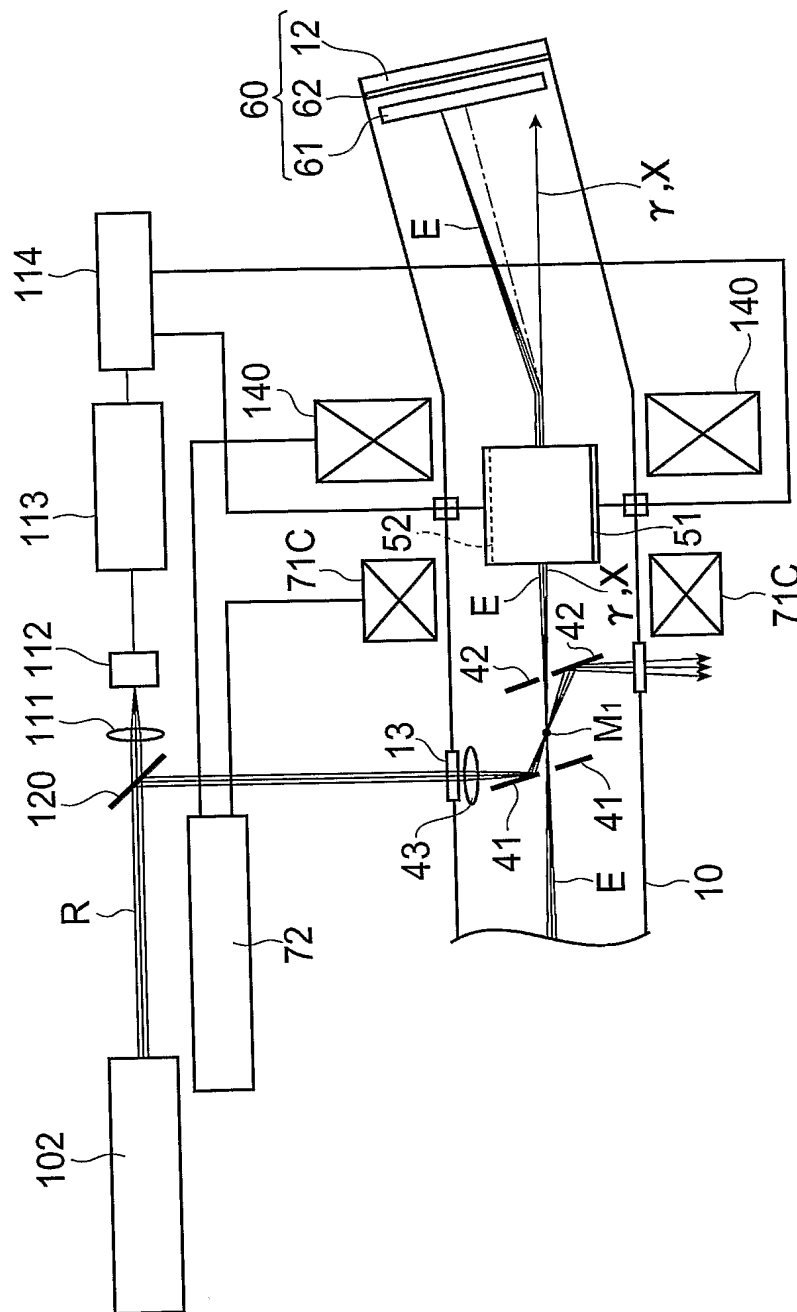




【図 10】



【図 11】



## 【書類名】 要約書

## 【要約】

【課題】 高時間分解能化が可能なストリーク装置を提供すること。

【解決手段】 ストリーク装置 1 a は、一端側に設けられ電子ビーム E を出力する電子ビーム源 20、及び、他端側に設けられ電子ビーム源から出力された電子ビームを像に変換する出力部 60 を有する真空容器 10 と、真空容器内に設けられ、電子ビーム源から出力された電子ビームを加速する加速部 30 と、加速部により加速された電子ビームに被計測光 R を集光して照射する照射光学系 40 と、真空容器内において加速部と出力部との間に設けられ、被計測光と相互作用した電子ビームを、その相互作用により生じた電子ビームの変位方向に略直交する方向に掃引する掃引部 50 とを備える。

【選択図】 図 1

特願 2 0 0 4 - 0 2 4 5 6 9

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号

[ 0 0 0 2 3 6 4 3 6 ]

1. 変更年月日

1 9 9 0 年 8 月 1 0 日

[変更理由]

新規登録

住 所

静岡県浜松市市野町 1 1 2 6 番地の 1

氏 名

浜松ホトニクス株式会社